

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ ⑯ **Offenlegungsschrift**  
**DE 199 05 112 A 1**

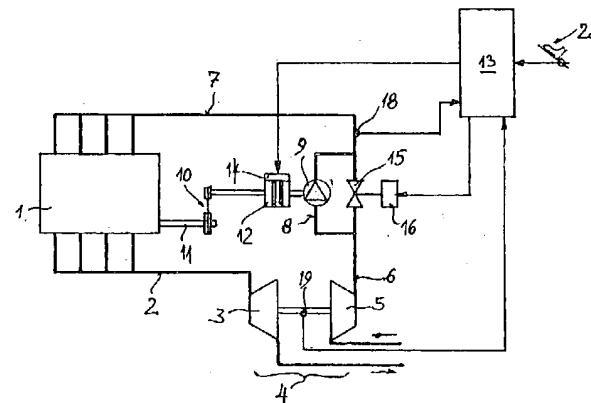
⑯ Int. Cl. 7:  
**F 02 B 37/04**

⑯ Anmelder:  
FEV Motorentechnik GmbH, 52078 Aachen, DE  
⑯ Vertreter:  
Patentanwälte Maxton & Langmaack, 50968 Köln

⑯ Erfinder:  
Schorn, Norbert, Dr., 52080 Aachen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Verfahren zum Betreiben einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft und Kolbenbrennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens  
⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft durch einen Abgasturbolader, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die im Abgasturbolader verdichtete Luft in einer nachgeschalteten Verdichtungsstufe nachverdichtet wird, sowie eine Kolbenbrennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens, die über eine Druckleitung (6) mit einem Abgasturbolader (4) zur Verdichtung der benötigten Verbrennungsluft verbunden ist und die dadurch gekennzeichnet ist, daß in der Druckleitung (6) ein antreibbarer Nachverdichter (9) angeordnet ist.



**DE 199 05 112 A 1**

## Beschreibung

Bei Kolbenbrennkraftmaschinen mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft, die im instationären Betrieb, beispielsweise als Fahrzeugantriebe eingesetzt werden, besteht das Problem, das für den Motorbetrieb erforderliche Druckniveau der Verbrennungsluft oder auch Ladeluft über den gesamten Drehzahl- und Lastbereich der Kolbenbrennkraftmaschine in der gewünschten Höhe zu halten, da die üblicherweise als Abgasturbolader ausgebildeten Luftverdichter die erforderliche Abdeckung des gesamten Betriebsbereiches in vertretbarem Aufwand nicht erlauben. Insbesondere in Lastbereichen, in denen das für den Betrieb der Abgasturbine des Turboladers zur Verfügung stehende Energiegefälle des Abgases niedrig ist, oder auch bei Beschleunigungsvorgängen kann die geforderte Verdichtung der Verbrennungsluft nicht oder nicht schnell genug erreicht werden.

Zur Abhilfe hat man vorgeschlagen, dem Turbolader auf der Saugseite einen zusätzlichen Luftverdichter vorzuschalten, der unmittelbar über die Kurbelwelle des Motors angetrieben wird. Hierdurch wird erreicht, daß dem Turbolader bereits verdichtete Luft zugeführt wird, so daß auf der Druckseite des Turboladers das gewünschte Druckniveau für die Verbrennungsluft für den gesamten Lastbereich eingestellt werden kann. Auf diese Weise kann eine Minderleistung der Abgasturbine bei geringem Energiegefälle im Abgas durch die Verdichtungsleitung des vorgeschalteten Luftverdichters kompensiert werden. Reicht das Energiegefälle im Abgas zur Erzielung der gewünschten Druckhöhe aus, wird dem vorgeschalteten Luftverdichter die Luft "weggesaugt", so daß dieser praktisch im "Leerauf" betrieben wird und daher weiterhin ohne Leistungsabnahme mit der Kolbenbrennkraftmaschine antriebsseitig in Verbindung bleiben kann. Der Nachteil dieser Lösung besteht jedoch darin, daß neben einem entsprechend groß dimensionierten Turbolader auch der mechanische Lader im Hinblick auf die geforderte Verdichtungsleistung entsprechend groß dimensioniert werden muß und dementsprechend auch einen hohen Verbrauch an Antriebsenergie aufweist, der bei einer Kolbenbrennkraftmaschine für den instationären Betrieb durch die Kolbenbrennkraftmaschine zusätzlich zur Verfügung gestellt werden muß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die vorstehend genannten Nachteile zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren zum Betreiben einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft durch einen Abgasturbolader erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die im Abgasturbolader verdichtete Verbrennungsluft in einer nachgeschalteten Verdichtungsstufe nachverdichtet wird. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß bei einer durch den Betrieb der Kolbenbrennkraftmaschine durch den Abgasturbolader bedingten Verminderung der Verdichtung der Verbrennungsluft dieses verminderte Druckniveau als Vorverdichtung für einen nachgeschalteten weiteren Verdichter zur Verfügung steht, so daß dieser hinsichtlich seines Bauvolumens deutlich kleiner ausgelegt werden kann und so die üblicherweise bei einem Kraftfahrzeug bestehenden Raum- und Gewichtsprobleme für derartige Zusatzzaggregate sowie der Verbrauch an Antriebsenergie vermindert werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Nachverdichtung in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Druckniveau der durch den Abgasturbolader verdichteten Verbrennungsluft erfolgt. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, daß entsprechend einem in einer Motorsteuerung den Lastanforderungen zugeordneten Solldruck der in der Druckleitung des Abgasturboladers in dem jeweiligen Lastzustand vorhandene Druck gemessen wird und in Abhängig-

keit von diesem Ist-Druck unmittelbar nach dem Abgasturbolader die nachgeschaltete Verdichtungsstufe angesteuert wird, um so durch eine Nachverdichtung der Verbrennungsluft den vorgegebenen Soll-Druck einzustellen.

- 5 In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Nachverdichtung in Abhängigkeit von der Drehzahl der Abgasturbine erfolgt. Da das drehzahlabhängige Kennfeld des Abgasturboladers bekannt ist, besteht mit dieser Verfahrensweise in Verbindung mit einer ohnehin 10 vorhandenen Motorsteuerung, in der das Kennfeld des Abgasturboladers abgelegt ist, eine weitere Möglichkeit, den vorgegebenen Soll-Druck der Verbrennungsluft auf der Druckseite durch entsprechende Zuschaltung der nachgeschalteten Verdichtungsstufe einzustellen.
- 15 Zur Durchführung des Verfahrens ist gemäß der Erfindung eine Kolbenbrennkraftmaschine vorgesehen, die über eine Druckleitung mit einem Abgasturbolader zur Verdichtung der benötigten Verbrennungsluft verbunden ist und die dadurch gekennzeichnet ist, daß in der Druckleitung ein antriebbarer Nachverdichter angeordnet ist. Der Nachverdichter ist in einer Ausgestaltung der Erfindung als sogenannter mechanischer Lader ausgebildet, beispielsweise in Form eines Roots-Laders. Da dem nachgeschalteten Nachverdichter bereits verdichtete Luft zugeführt wird, ergibt sich eine geringere Baugröße. Der Abgasturbolader kann für hohe Drehzahlen ausgelegt und optimiert werden, so daß im Betrieb bei niedrigeren Drehzahlen die Verdichtungsleistung stärker durch den Nachverdichter erbracht wird.

Um den Nachverdichter entsprechend den Betriebsanforderungen zu- und abschalten zu können, ist der Nachverdichter in einer Ausgestaltung der Erfindung mit der Kurbelwelle der Kolbenbrennkraftmaschine über eine schaltbare Kupplung antriebbar verbunden. Die schaltbare Kupplung ist wiederum über die vorhandene Motorsteuerung ansteuerbar, so daß in den Lastbereichen, in denen die Leistung des Abgasturboladers nicht ausreicht, der Nachverdichter zugeschaltet werden kann. Der Antrieb kann beispielsweise über einen Keilriementrieb erfolgen.

- 30 In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Nachverdichter mit einem gesonderten, regel- und/oder steuerbaren Antrieb verbunden ist. Dieser Antrieb kann beispielsweise durch einen elektrischen oder hydraulischen Antrieb gebildet werden. Auch hier kann der gesonderte Antrieb entsprechend den Anforderungen zu- und abgeschaltet werden. Zweckmäßig ist es, wenn der gesonderte Antrieb regelbar ausgebildet ist, so daß etwaige Druckstöße beim Zu- und Abschalten sowie Verzögerungen durch Beschleunigungsvorgänge beim Anschalten des Nachverdichters vermieden werden. Ein weiterer Vorteil des eigenen Antriebs für den Nachverdichter besteht darin, daß man in der räumlichen Zuordnung einen größeren Spielraum besitzt, als dies bei einem Antrieb über die Kurbelwelle gegeben ist.
- 35

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Nachverdichter in einer Bypaßleitung zur Druckleitung angeordnet ist und daß zunächst die Druckleitung im Bypaßbereich mit einem Sperrventil versehen ist, das einen Stellantrieb aufweist. Wenn die Verdichtungsleistung des Nachverdichter benötigt wird, wird dieser zugeschaltet und das Sperrventil in der Druckleitung geschlossen, sobald der 40 Nachverdichter seine Betriebsdrehzahl erreicht hat und dann die gesamte Fördermenge des Abgasturboladers zur weiteren Verdichtung durch den Nachverdichter zur Verfügung steht. Sobald jedoch die Leistung des Abgasturboladers ausreicht, kann das Sperrventil entsprechend geöffnet und der Nachverdichter abgeschaltet werden, so daß der Förderstrom nicht mehr über die Bypaßleitung strömen kann. Bei der Verwendung eines Nachverdichters, der nach dem Verdrängerprinzip arbeitet, beispielsweise einen Roots-Ver-

dichter, kann ein zusätzliches Sperrventil in der Bypaßleitung entfallen, da mit dem Abschalten des Verdichterantriebs der Nachverdichter selbst wie ein Sperrventil wirkt. Dies ermöglicht es auch, das System feinfühlig anzusteuern, so daß beim Absinken der Verdichtungsleistung des Abgasturboladers bereits vor dem Umschaltpunkt der Nachverdichter angetrieben wird, ohne daß das Sperrventil betätigt wird und erst beim Erreichen der kritischen Untergrenze für die Verdichtungsleistung des Abgasturboladers das Sperrventil geschlossen wird und somit der gesamte Volumenstrom über den Nachverdichter geführt wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann der Stellantrieb des Sperrventils und der Antrieb des Nachverdichters mit einer Steuereinrichtung verbunden sein, die mit einem Drucksensor in der Druckleitung in Verbindung steht und/oder mit einem Drehzahlgeber am Abgasturbolader in Verbindung steht. Bei einer Anordnung jeweils eines stufenlos gegenläufig verstellbaren Stellventils in der Druckleitung und in der Bypaßleitung kann mit Hilfe der Steuereinrichtung bei eingeschaltetem Nachverdichter durch entsprechende Ansteuerung der Stell- bzw. Sperrventile auf jede Druckabweichung in der Lufteinlaßleitung reagiert werden, beispielsweise bei Beschleunigungs- oder Bremsvorgängen.

Die Erfindung wird anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** ein Blockschatzbild einer Vielzylinder-Kolbenbrennkraftmaschine mit einem über die Kurbelwelle angetriebenen Nachverdichter,

**Fig. 2** die Kolbenbrennkraftmaschine gem. **Fig. 1** mit einem Nachverdichter mit Eigenantrieb.

In **Fig. 1** ist eine Vierzylinder-Kolbenbrennkraftmaschine 1 dargestellt, deren Abgasleitung 2 über eine Abgasturbolader-Einheit 4 mit Abgasturbine 3 und Turbolader 5 geführt ist. Der Turbolader 5 ist über eine Druckleitung 6 mit der Lufteinlaßleitung 7 der Kolbenbrennkraftmaschine 1 verbunden. Die Druckleitung 6 ist eine Bypaßleitung 8 zugeordnet, in der ein Nachverdichter 9, beispielsweise in Roots-Verdichter, angeordnet ist. Der Roots-Verdichter 9 steht über einen Riementrieb 10 mit der Kurbelwelle 11 der Kolbenbrennkraftmaschine antreibbar in Verbindung. Über eine Schaltkupplung 12, die einen über eine Motorsteuerung 13 ansteuerbaren Stellantrieb 14 aufweist, kann der Nachverdichter 9 entsprechend den Betriebsanforderungen zu- und abgeschaltet werden.

Im Bereich der Bypaßleitung 8 ist in der Druckleitung 6 ein Sperrventil 15 angeordnet, dessen Stellantrieb 16 über die Motorsteuerung 13 ansteuerbar ist. Das Sperrventil 15 kann so eingestellt sein, daß es grundsätzlich geschlossen ist und somit bei niedrigen Motordrehzahlen und damit geringer Leistung des Abgasturboladers 4 die erforderliche Nachverdichtung der Verbrennungsluft durch den Verdichter 9 erfolgt. Reicht die Leistung des Abgasturboladers 4 für den Betrieb der Kolbenbrennkraftmaschine aus, dann wird über die Motorsteuerung 13 das Sperrventil 15 geöffnet, so daß die Druckleitung 6 unmittelbar mit der Lufteinlaßleitung 7 in Verbindung steht. Da der Nachverdichter 9 bei einer Ausbildung als Verdrängermaschine, beispielsweise eines Roots-Verdichters, aufgrund seiner Bauform bei Stillstand wie ein Sperrventil für die Bypaßleitung 8 wirkt, genügt es durch Öffnen der Kupplung 12 den Nachverdichter 9 abzuschalten und die hierdurch bedingten Verluste zu vermeiden.

Die Ausführungsform gem. **Fig. 2** entspricht in ihrem Grundaufbau der anhand von **Fig. 1** erläuterten Ausführungsform, so daß hier auf die vorstehende Beschreibung verwiesen werden kann. Für gleiche Bauteile sind gleiche Bezugssymbole eingesetzt.

Der Unterschied zur Ausführungsform gem. **Fig. 1** besteht darin, daß der Nachverdichter 9 mit einem eigenen

steuer- und/oder regelbaren Antrieb 17 versehen ist, beispielsweise in Form eines elektrischen oder hydraulischen Antriebs, der über die Steuereinrichtung 13 entsprechend angesteuert werden kann. Die Betriebsweise entspricht im

5 Prinzip der anhand von **Fig. 1** beschriebenen Betriebsweise. Bei Verwendung eines regelbaren Antriebs für den Nachverdichter 9 besteht hier noch die Möglichkeit, über die Drehzahl des Nachverdichters 9 eine stufenlose Anpassung der Gesamtförderleistung von Abgasturbolader und Nachverdichter 9 zu bewirken.

Die Ansteuerung mit Hilfe der Motorsteuerung kann in beiden Fällen in der Weise erfolgen, daß in der Lufteinlaßleitung 7 ein Drucksensor 18 angeordnet ist, der auf die Motorsteuerung 13 aufgeschaltet ist. Sobald über den Drucksensor 18 ein vorgegebener Mindestdruck unterschritten wird, wird dann über die Motorsteuerung der Nachverdichter 9 zugeschaltet. Über diesen Drucksensor 18 hinter dem Bypaßbereich kann auch eine Druckobergrenze überwacht und eingehalten werden.

15 Über die Motorsteuerung 13, der der jeweilige Lastwunsch vom Fahrer über das Gaspedal 20 vorgegeben werden kann, besteht auch die Möglichkeit, bei einer entsprechenden Ansteuerung durch den Fahrer, die aus Abgasturbolader 4 und Nachverdichter 9 gebildete Verdichtungseinrichtung für einen Bremsbetrieb durch den Motor zu verwenden. Dies ist besonders zweckmäßig, wenn der Nachverdichter 9 über einen eigenen Antrieb verfügt, so daß trotz sich verändernder Drehzahlen eine hohe Verdichtungsleistung und damit eine hohe Aufladung der Zylinder erreicht 20 und eine entsprechende Bremswirkung erzielt wird.

25 Die Anordnung kann kombiniert mit einem Drucksensor oder auch allein in der Weise angesteuert werden, daß über einen Drehzahlsensor 19 die Drehzahl des Abgasturboladers abgegriffen wird und das Zu- und Abschalten des Nachverdichters 9 in Abhängigkeit von einem entsprechenden, aus dem Kennfeld des Abgasturboladers abgegriffenen Sollwertes erfolgt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft durch einen Abgasturbolader, dadurch gekennzeichnet, daß die im Abgasturbolader verdichtete Luft in einer nachgeschalteten Verdichtungsstufe nachverdichtet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachverdichtung in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Druckniveau der durch den Abgasturbolader verdichteten Verbrennungsluft erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachverdichtung in Abhängigkeit von der Drehzahl des Abgasturboladers erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachverdichtung für einen Bremsbetrieb durch Aufladung genutzt wird.

5. Kolbenbrennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4, die über eine Druckleitung (6) mit einem Abgasturbolader (4) zur Verdichtung der benötigten Verbrennungsluft verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß in der Druckleitung (6) ein antreibbarer Nachverdichter (9) angeordnet ist.

6. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachverdichter (9) als mechanischer Lader ausgebildet ist.

7. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachverdichter (9)

mit der Kurbelwelle (11) über eine schaltbare Kupplung (12) antreibbar verbunden ist.

8. Kolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachverdichter (9) mit einem gesonderten, regel- und/oder steuerbaren Antrieb (17) verbunden ist. 5

9. Kolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachverdichter (9) in einer Bypassleitung (8) zur Druckleitung (6) angeordnet ist und daß zumindest die Druckleitung 10 (6) im Bypassbereich mit einem Sperrventil (15) versehen ist, das einen Stellantrieb (16) aufweist.

10. Kolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellantrieb (16) des Sperrventils (15) und der Antrieb des 15 Nachverdichters (9) mit einer Steuereinrichtung (13) verbunden sind, die mit einem Drucksensor (18) in der Druckleitung (6) in Verbindung steht.

11. Kolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellantrieb (16) des Sperrventils (15) und der Antrieb 20 (12; 17) des Nachverdichters (9) mit einer Steuereinrichtung (13) verbunden sind, die mit einem Drehzahlegeber (19) am Abgasturbolader in Verbindung steht.

25

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

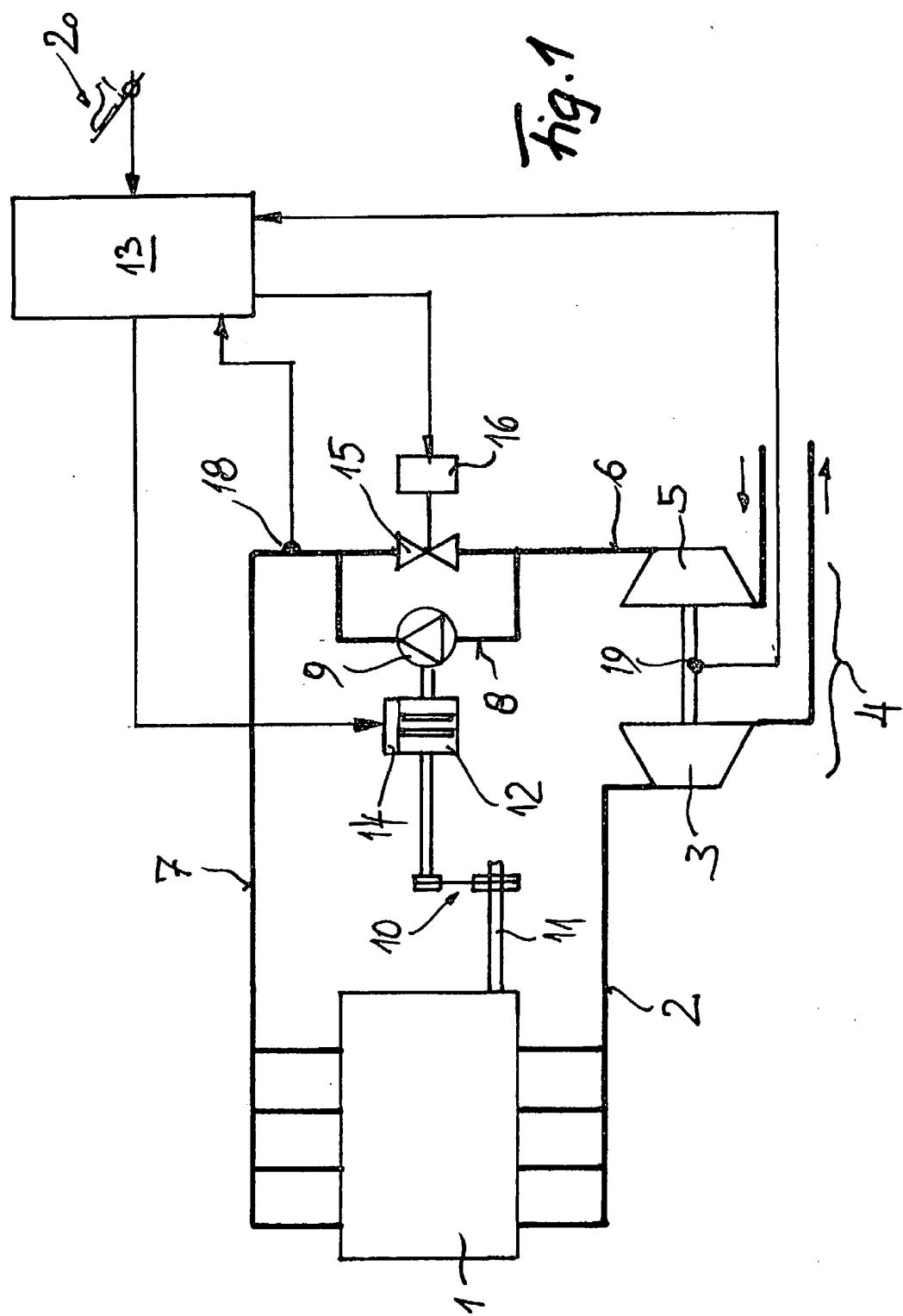
45

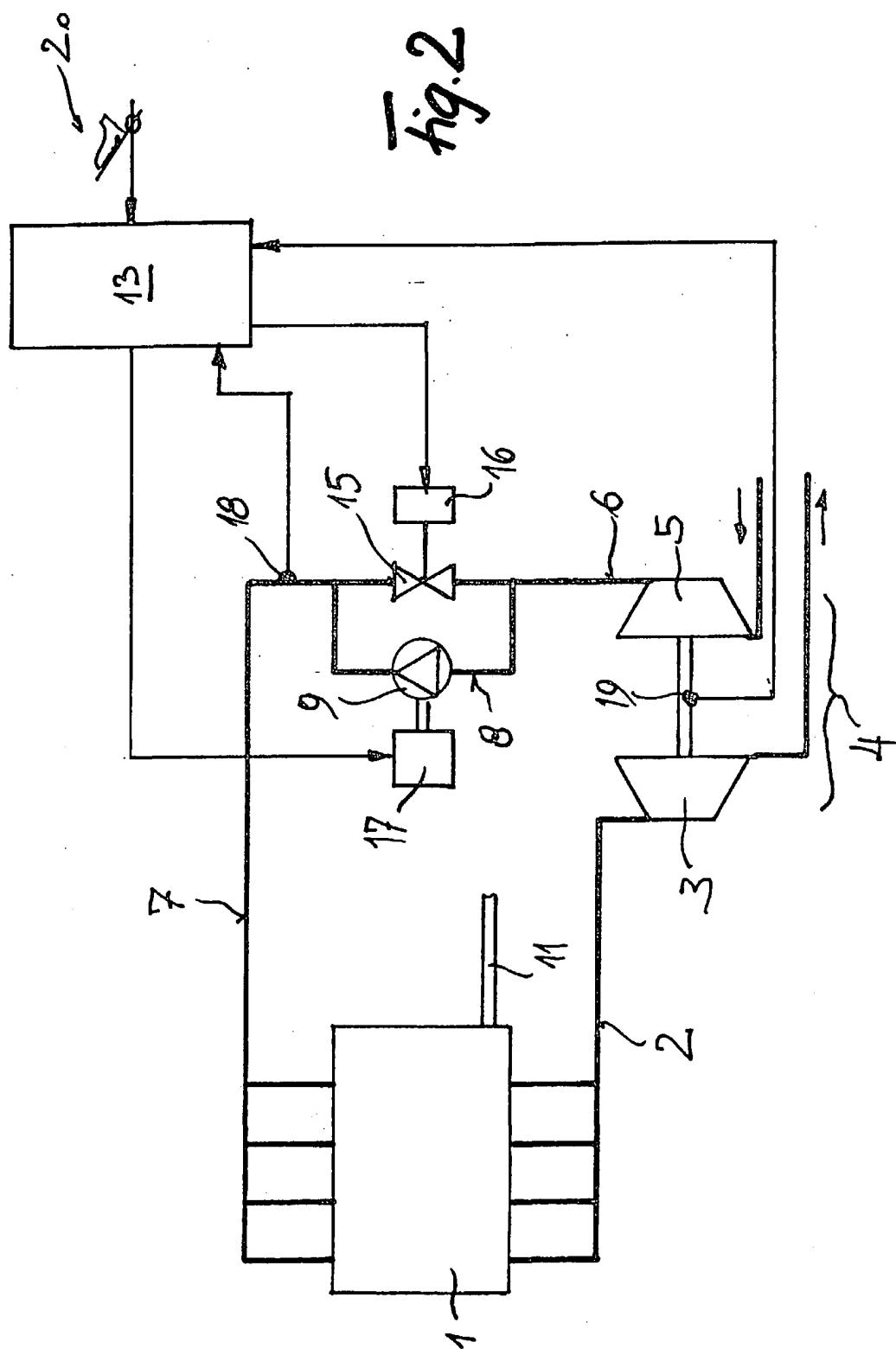
50

55

60

65





DERWENT-ACC-NO: 2000-544571

DERWENT-WEEK: 200053

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Operating method for piston engine with  
induction air

pre-compression involves re-compressing air  
compressed in

exhaust gas turbocharger in following compression  
stage

INVENTOR: SCHORN, N

PATENT-ASSIGNEE: FEV MOTORENTECHNIK GMBH[FEVMN]

PRIORITY-DATA: 1999DE-1005112 (February 9, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
DE 19905112 A1	August 10, 2000	N/A	006
F02B 037/04			
WO 200047879 A1	August 17, 2000	G	000
F02B 037/04			

DESIGNATED-STATES: DE JP US

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
DE 19905112A1	N/A	1999DE-1005112
February 9, 1999		
WO 200047879A1	N/A	2000WO-EP00086
January 8, 2000		

INT-CL (IPC): F02B037/04, F02B039/04, F02B039/10,  
F02B039/12,  
F02D009/06

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19905112A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The method involves re-compressing the air that has been compressed in the exhaust gas turbocharger in a compression stage (9) arranged after the exhaust gas turbocharger (4). Re-compression is dependent on a predefinable pressure level resulting from the combustion air compressed in the exhaust gas turbocharger

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for a piston engine for implementing the method.

USE - For operating a piston engine with pre-compression of induction air in an exhaust gas turbocharger.

ADVANTAGE - Overcomes certain disadvantages of conventional methods, e.g. the need for large turbochargers and mechanical chargers with high drive power consumption.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a block diagram representation of a multi-cylinder piston engine with a re-compressor driven by the crankshaft

engine 1

compression stage 9

exhaust gas turbocharger 4

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

TITLE-TERMS: OPERATE METHOD PISTON ENGINE  
INDUCTION AIR PRE COMPRESS COMPRESS  
AIR COMPRESS EXHAUST GAS TURBOCHARGE FOLLOW  
COMPRESS STAGE

DERWENT-CLASS: Q52 X22

EPI-CODES: X22-A03C; X22-A14;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2000-402793